

І.Городецький, канд. техн. наук

Львівський національний аграрний університет

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК КЕРАМІЧНИХ ЩІЛИННИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ

У статті означено проблему технологічного забезпечення точності виготовлення керамічних щілинних розпилювальних пристроїв, наголошено на важливості підвищення продуктивності процесу формоутворення заготовок. Охарактеризовано особливості потокової технології формоутворення заготовок керамічних щілинних розпилювачів з використанням розробленого спорядження, що забезпечує високу продуктивність процесу і якість заготовок та деталей.

I.Horodetsky

PECULIARITIES OF THE BLANK SHAPING TECHNOLOGY OF CERAMIC FAN JET NOZZLES

Peculiarities of the technological ensuring of ceramic nozzle green bodies manufacturing exactness is characterized in the article. The importance of increase the blank manufacturing process productivity is emphasized. The peculiarities of line production technology of ceramic fan jet nozzles green bodies are described with the use of the developed by authors equipment and processes that provide the high performance of process and quality of blanks and units.

Постановка проблеми. Керамічні розпилювальні пристрої (РП) виготовляють за допомогою низки засобів, методів і способів, що є складовими керамічних технологій і мають подібну загальну принципову схему, але відрізняються засобами і методами реалізації технологічних прийомів на різних етапах технології [1-4]. Наявні на сьогодні типи керамічних РП мають конструктивно-технологічні недоліки, і, як показала перевірка комплектів нових РП, ці недоліки часто зумовлені технологією виготовлення [5-7]. На даний час керамічні РП виготовляють на універсальному устаткуванні з використанням ручної праці під час формоутворення заготовок розпилювачів (ЗРП), що, відповідно, призводить до зниження точності виготовлення РП, збільшення витрат матеріалів і затрат праці тощо.

Тому актуальними є задачі технологічного забезпечення точності РП, які повинні вирішуватися за рахунок розроблення нових пристроїв для підвищення точності формувальних елементів, дослідження параметрів формоутворення ЗРП, проектування устаткування і технологічних процесів виготовлення РП, використання елементів автоматизації одночасно з розробленням методів додаткового контролю якості ЗРП для зниження трудомісткості і витрат енергії у виробництві РП.

Принципова технологічна схема виготовлення розпилювачів з керамічних матеріалів передбачає кілька відокремлених етапів, серед яких одним з найважливіших є виготовлення заготовок розпилювачів або формоутворення. На основі використання властивостей ливарних систем за допомогою спеціального обладнання утворюється ЗРП потрібної форми і розмірів, при цьому дуже важливим є дотримання режимів процесу формоутворення, які залежать від конструктивних особливостей устави, розмірів заготовок і деталей, технологічного регулювання процесів, властивостей і теплофізичних характеристик матеріалів форм і пуансонів тощо, оскільки вони безпосередньо визначають якість виготовлення деталей і продуктивність процесу формоутворення [8-9].

Метою статті є розкриття особливостей розробленої технології формоутворення заготовок РП, зокрема, стосовно можливостей забезпечення безперервності процесу за рахунок відпрацювання термічно-часових режимів, а також контролю якісних параметрів заготовок під час потокового формоутворення.

Виклад основного матеріалу. На підставі теоретичного і експериментального опрацювання нами було запроектовано, виготовлено і експериментально апробовано спорядження для реалізації розробленої технології виготовлення заготовок керамічних щільних розпилювальних пристроїв [9-11]. Графо-аналітичний аналіз отриманих експериментальних даних свідчить про те, що якісні заготовки під час формування РП на розробленій установі можна отримати за таких значень технологічних параметрів: температура керамічної маси – 356-359 °К, тиск подачі шлікеру – 0,85-1,0 МПа, температура форми – 291-293 °К. На підставі експериментальних досліджень процесів формоутворення, з використанням запроектованого спорядження, розроблено циклограму потокового процесу виготовлення ЗРП з керамічних матеріалів [10-11].

Формувальний цикл у потоковому режимі складається з послідовних дій через певні проміжки часу: складання форми, подача шлікеру, тверднення ЛС у формі і формоутворення ЗРП, зняття тиску подачі шлікеру, розкривання форми, виймання заготовок з контролюванням технологічних параметрів та при потребі регулюванням. Аналізуючи циклограму, потрібно відзначити, що перед початком потокового формування здійснюють технічне обслуговування, наладку і підготовку спорядження, що полягає у монтуванні і регулюванні ЕФ, перевірці стану механізмів і систем, а також регулювання і встановлення технологічних параметрів на отримання ЗРП відповідно до експериментальних даних [9-11].

За відзначеною схемою відповідно до циклограми проведено лабораторно-виробничі випробування розробленого спорядження і технологічного процесу формоутворення заготовок.

Випробування полягали у тривалому потоковому формуванні заготовок керамічних щільних РП відповідно до розробленої методики і циклограми, з наступним контролюванням якості заформованих деталей. Ливарну систему для формування заготовок РП вибирали відповідно до обґрунтувань, виходячи з умов енергоощадності і функціональності та оптимального співвідношення "ціна-якість". Показник ущільнення заформованих деталей визначали зважуванням на електронних вагах з точністю до 0,001 г та наступним математичним опрацюванням.

Проведений аналіз свідчить про те, що під час потокового формування масовий показник ущільнення коливається у межах від 1,210 до $1,410 \cdot 10^{-3}$ кг. Коефіцієнт варіації - в межах 31,8-33,9 %, що свідчить про значну мінливість значень і можливість висунення гіпотези про нормальний закон розподілу досліджуваного показника. Вказані залежності представлено на рис. у вигляді кривих теоретичного розподілу. Відповідність теоретичного розподілу емпіричному перевірено за допомогою критерію згоди χ^2 Пірсона, ймовірності якого при чотирьох ступенях вільності двопараметричної функції і рівні значимості $\alpha = 0,1$ є меншими від табличних значень, що вказує на близькість між емпіричним і теоретичним розподілами, тобто теоретичний закон відображає емпіричні дані.

Середнє значення відхилень $k_{ум.ср}$ характеризує систематичну похибку процесу потокового формування, а середньоквадратичне відхилення σ є характеристикою випадкових похибок. Ці показники показують як похибки процесу формування, так і вимірювання.

Аналізуючи графічні залежності, слід відзначити, що залежно від якості заформованих ЗРП, що визначається показником ущільнення, процес потокового формування можна умовно поділити на три періоди – початковий, проміжний і тривалого формування. Початковий період (перших 3-4 цикли) характеризується широким діапазоном $k_{ум}$, що коливається в межах від 1,21 до 1,43. Це можна пояснити тим, що після розігрівання у ливарниковій системі шлікер є дещо розшарований, і відповідно заготовки, отримані на початкових циклах, характеризуються $k_{ум}$ широкого діапазону. На другому проміжку, що триває наступних 2-3 цикли, діапазон значень показника ущільнення зменшується і становить 1,31-1,42. Після цього починається

тривалий період якісного формування, який, під час експериментального потокового формування, починається з 6-7 циклу і триває протягом тривалого часу.

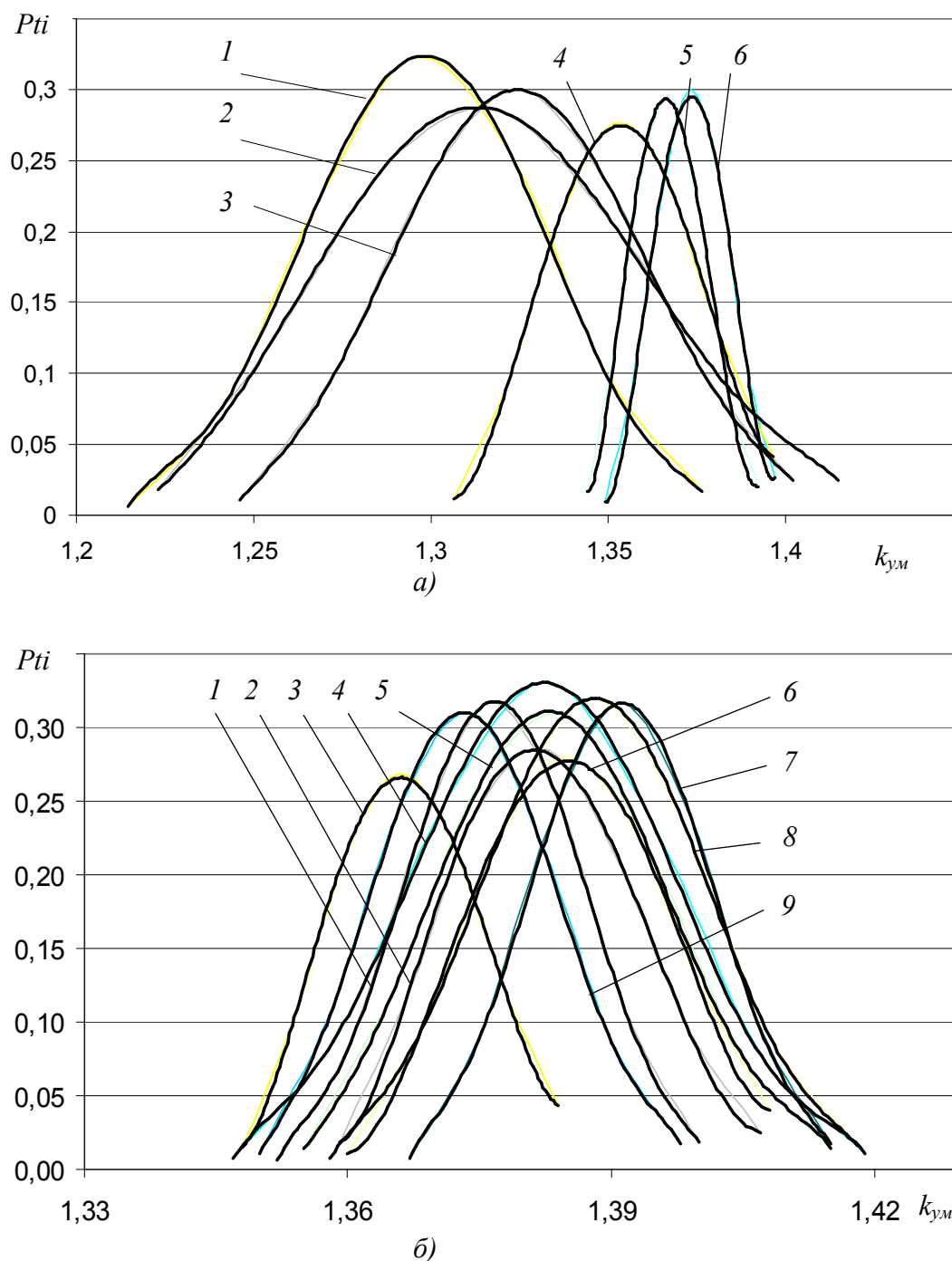


Рисунок 1 – Результати перевірки якості заготовок керамічних щілинних РП, отриманих під час лабораторно-виробничих випробувань потокового процесу формоутворення:

а) 1-3 – початкові цикли формування; 4-6 – проміжне формування; б) 1-9 – тривале формування

Під час лабораторно-виробничих випробувань процесу гарячого лиття під тиском ЗРП було проведено хронометрування циклу формування згідно зі стандартною методикою і визначено тривалість окремих складових: а) підготовка спорядження (перед формуванням): розігрівання ЛС (25 хв); розігрівання шлікеру у ливарниковій системі (15 хв); перемішування (30 хв); б) цикл формування у потоковому режимі: складання форми (1-2 с); подача шлікеру (1-2 с); тверднення ЛС у формі і утворення НФ (15-16 с); зняття тиску подачі шлікеру (1-2 с); розкривання форми (1-2 с); виймання

заготовок (20-22 с); контролювання параметрів технологічного процесу та при потребі їх регулювання (5 с -10 хв).

Раціональне використання методів і засобів активного контролю дозволяє значно компенсувати систематичні та випадкові складові похибок, що залежать від різних чинників, особливо це проявляється під час потокового формоутворення малогабаритних заготовок, коли на процес впливає велика кількість чинників. З цією метою для зниження втрат керамічних матеріалів і енергії на наступні операції термічного оброблення заформованих ЗРП (видалення технологічної зв'язки і спікання) запропоновано розрахунково-масовий метод проміжного контролю якісного стану заготовок за коефіцієнтами ущільнення на основі показника масового ущільнення. Метод полягає у тому, що попередньо теоретично розраховували максимальний коефіцієнт ущільнення для шлікеру, з якого формували деталі.

Кількісно коефіцієнт ущільнення можна визначити з відношення [12]:

$$k_y = \frac{P_m}{d_m}, \quad (1)$$

де P_m - маса частинок матеріалу, що фактично є в одиниці об'єму ЗРП, кг/м³;
 d_m - питома маса матеріалу (характеристика шлікеру), кг/м³.

Масу частинок матеріалу, що фактично є в одиниці об'єму ЗРП, можна визначити, знаючи об'ємну масу заготовки (напівфабрикату) і масову кількість технологічної зв'язки, зі співвідношення:

$$P_m = \frac{\gamma_{нф}(100 - x)}{100}, \quad (2)$$

де $\gamma_{нф}$ - об'ємна маса напівфабрикату, кг/м³;
 x - кількість технологічної зв'язки (масова) у напівфабрикаті, %.

Після підстановки формули (2) в (1) визначають вираз коефіцієнта ущільнення через об'ємну масу заготовки і питому масу матеріалу ливарної системи:

$$k_y = \frac{\gamma_{нф}(100 - x)}{d_m \cdot 100}. \quad (3)$$

Для визначення об'ємної маси заформованих ЗРП, їх зважують на аналітичній вазі з трикратною повторністю і точністю до 0,001 г. Далі кожну деталь, по черзі, кладуть у скляний пікнометр з капіляром і заливають дистильованою водою. Заповнений водою пікнометр закривають кришкою, одночасно видаляючи залишки води через капіляр. Далі пікнометр з напівфабрикатом зважують на аналітичній вазі з дво- чи трикратним повторенням (при значних відхиленнях значень замірів для забезпечення достовірності кількість повторень збільшують до чотирьох). Об'ємну масу ЗРП визначають за формулою:

$$\gamma_{нф} = \frac{M_0 \cdot d_s}{M_0 + M_1 - M_2}, \quad (4)$$

де d_s - питома маса води при температурі вимірювання, г/м³;

M_0 - маса деталі, кг;

M_1 і M_2 - маса відповідно пікнометра з водою та з водою і зразком, кг.

Кількість зв'язки у шлікері визначають за її видаленням під час відпалювання заготовки у печі при температурі 800 °С протягом 2 годин. ЗРП поміщають у тигель та зважують до і після відпалювання. Кількість зв'язки визначають за формулою:

$$K_{S_s} = \frac{M_0 - (M_{m0} - M_m)}{M_0} 100, \quad (5)$$

де M_{m0} - маса зразка з тиглем після випалювання, кг;

M_m - маса тигля, кг.

Далі, експериментальним шляхом встановлювали коефіцієнт ущільнення для заформованої деталі з найбільшою масою. Аналогічно встановлювали значення коефіцієнта ущільнення для заформованих ЗРП з проміжними та мінімальним

значеннями показника ущільнення. Таким чином, визначали масу деталі з мінімально допустимим коефіцієнтом ущільнення, який для шлікеру, що використовували у дослідженнях, становить $1,341 \cdot 10^{-3}$ кг. Під час формування ЗРП, зважували заформовані деталі і їх масу порівнювали з мінімально допустимою масою заготовки (заформованого розпилювального пристрою). Якщо маса заформованої заготовки була більшою мінімально допустимої, то це свідчило про якісну ЗРП, і навпаки, якщо маса заформованої заготовки була рівною або меншою мінімально допустимої, то такі ЗРП відділяють та повертають на переплавлення.

Завдяки проміжному контролю заформованих деталей стає можливим економити від 5 до 20 % дорогих синтезованих керамічних матеріалів, залежно від характеристик формувального спорядження, типу форми, схеми і технологічних режимів формування та термічної обробки, що відповідно знижує витрати енергії на наступну термообробку, затрати праці та собівартість виготовлення РП.

Висновки. 1. Означено проблему технологічного забезпечення точності виготовлення заготовок керамічних щільних розпилювальних пристроїв, наголошено на важливості підвищення продуктивності процесу формоутворення заготовок. 2. Охарактеризовано особливості потокової технології формоутворення заготовок КІЦР з використанням розробленого спорядження, зокрема розроблено циклограму, що забезпечує високу продуктивність процесу виготовлення заготовок належної якості, експериментально досліджено процес тривалого потокового формоутворення заготовок керамічних розпилювачів, опрацьовано результати та побудовано криві розподілу, що уможливило вироблення практичних рекомендацій. 3. Розроблено методику проміжного контролю стану заформованих заготовок, яка уможливує економію від 5 до 20 % керамічних матеріалів, знижує витрати енергії на наступну термообробку, відповідно затрати праці та собівартість виготовлення РП.

Література

1. Швайка Д.И. Исследование процесса формирования структуры керамических изделий при формировании их на роторных прессах с целью повышения качества, снижения удельных теплоэнергозатрат и повышения производительности труда: Автореф. дис. ... к.т.н. - К., 1982. - 22 с.
2. Mutsuddy B.C., Ford R.G. Ceramic Injection Molding. - London, N.Y., Tokyo: Chapman & Hall Publ., 1995. - 368 p.
3. Специальные способы литья: Справочник / В.А.Ефимов, Г.А.Анисович, В.Н.Бабич и др. Под. ред. В.А.Ефимова. - М.: Машиностроение, 1991. - 436 с.
4. Richerson D. W. Modern ceramic engineering: properties, processing, and use in design. 2nd ed., rev. and expanded. - New York: M. Dekker, 1992. - 860 p.
5. Барановський О.С. Технічний рівень обприскувачів та ефективність використання пестицидів // Техніка АПК. - 1998. - №2. - С. 10-11.
6. Силникс А.О., Вартукапейнис К.Э. Оптимальный шаг распылителей // Техническое обеспечение производства зерна по интенсивной технологии: Труды ЛСХА. - Вып. 259. - Елгава, Латвийская с.-х. акад., 1989. - С. 46-51.
7. Городецький І. Умови стабільної роботи розпилювачів штангових обприскувачів//Вісник ЛДАУ: Агроінженерні дослідження. - 2000. - №4. - С.122 - 128.
8. Василенко І.І., Городецький І.М. Пристрій для формування керамічних щільних розпилювачів // Вісник ЛДАУ: Агроінженерні дослідження. - 1998. - №2. - С.216-219.
9. Декл. пат. на винахід №33855 А, Україна (UA), В28В1/26. Форма для гарячого лиття під тиском керамічних матеріалів / І.М.Городецький, В.Я.Рибарук, І.І.Василенко. N 99042213; Заявл. 20.04.1999; Опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1. - 3 с.
10. Городецький І.М., Сидорчук О.В., Рибарук В.Я. Забезпечення точності під час виготовлення розпилювальних пристроїв для обприскувачів // Вісник ХДТУСГ. - Вип. 17: Підвищення надійності відновлюваних деталей машин. - Харків: ХДТУСГ, 2003. - С. 179-182.
11. Городецький І.М. Шляхи зниження втрат маси при виготовленні керамічних щільних розпилювачів // Зб. наук. статей ЛДТУ: Сільськогосподарські машини. - 1999. - №5. - С.64-65.
12. Гаршин А.П., Гропянов В.М., Зайцев Г.П. и др. Машиностроительная керамика. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1997. - 726 с.

Одержано 07.02.2008 р.